



UNIÓN DE ASOCIACIONES  
DE INGENIEROS TÉCNICOS  
INDUSTRIALES Y GRADUADOS  
EN LA INGENIERÍA DE LA  
RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA

# UNIÓN DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES Y GRADUADOS EN INGENIERÍA DE LA RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA (UAIIE)

“CONVOCATORIA 2024”

## IX PREMIO NACIONAL DE INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Título del Trabajo:  
V-Light: Prototipo de bajo coste para la mejora de la  
eficiencia en la venopunción



AUTOR/ES:  
Sara Castejón Argila  
Ginés Cerón Andreo  
Victoria Cerón Andreo  
Jorge García Serrano  
Jorge Tíscar López

BLOQUE TEMÁTICO:  
Diseño Industrial

NIVEL EDUCATIVO:  
Categoría A

COORDINADOR:  
Ginés Morales Méndez

Marzo del 2024

# Resumen

V-Light emerge como una propuesta de diseño innovador y de bajo coste, frente a la venopunción, un procedimiento médico frecuentemente practicado que enfrenta una alta tasa de fallos, especialmente en pacientes pediátricos, geriátricos, de piel oscura y obesos. Este trabajo aborda el desafío que representa esta alta tasa de fracasos, proponiendo el diseño de un dispositivo que utiliza tecnología LED de alta intensidad lumínica para facilitar la identificación de venas y reducir significativamente la probabilidad de fallos en la venopunción.

Mediante la tecnología LED, V-Light facilita la localización de las venas, marcando un progreso hacia prácticas médicas más fiables y accesibles. Esto no solo reduce la incomodidad del paciente, sino que también incrementa la eficiencia clínica, constituyendo un avance hacia la optimización de procesos sanitarios menos invasivos para todos, alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 3: Salud y Bienestar.

La importancia de comprender las interacciones entre la luz y los tejidos biológicos, así como los dispositivos electrónicos utilizados, es fundamental para optimizar el diseño de V-Light. El estudio explora el potencial de los LED no solo como emisores sino también como sensores de luz en el contexto médico, demostrando su capacidad para mejorar la visibilidad venosa y la experiencia en la venopunción.

Nuestro compromiso se extiende hacia la innovación abierta, compartiendo gratuitamente toda la documentación de V-Light para impulsar la colaboración y la adaptabilidad en la comunidad. Este enfoque enfatiza el rol de la cooperación multidisciplinaria en la mejora de la atención médica.

Gracias al feedback recopilado de la concejalía de salud, de profesionales de enfermería y urgencias de Alhama de Murcia, se han identificado propuestas de mejora para que V-Light cumpla con las necesidades específicas del entorno clínico, resaltando la importancia de la personalización y la adaptabilidad en el desarrollo de tecnologías médicas accesibles para todos.

## Palabras Clave

Diseño de dispositivos médicos, venopunción, tecnología LED, educación médica, tecnologías médicas accesibles.



# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2. Fundamentos teóricos</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Características de la luz en la piel</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Tasa de absorción de luz en la hemoglobina</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Efecto fotoeléctrico y diodo de emisor de luz (LED)</b>	<b>7</b>
<b>3. Hipótesis de trabajo y objetivos de investigación</b>	<b>8</b>
<b>4. Materiales y métodos</b>	<b>9</b>
<b>4.1. Componentes eléctricos y electrónicos</b>	<b>10</b>
<b>4.2. Diseño e impresión 3D</b>	<b>11</b>
<b>5. Resultados</b>	<b>13</b>
<b>5.1. Evaluación de la eficacia técnica</b>	<b>13</b>
<b>5.2. Campaña, retroalimentación y difusión</b>	<b>16</b>
<b>5.3. Contribución a los ODS</b>	<b>17</b>
<b>6. Conclusiones</b>	<b>18</b>
<b>7. Agradecimientos</b>	<b>19</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>20</b>

## 1. Introducción

La venopunción, una técnica indispensable en la práctica clínica médica para la extracción de sangre o administración de medicamentos intravenosos, presenta tasas de fracaso preocupantemente altas, que alcanzan entre un 30 y un 50% en grupos vulnerables como pacientes pediátricos, geriátricos, con piel oscura y obesos (Balter et al., 2015; Fukuroku et al., 2016). Este desafío no solo implica un proceso invasivo frecuente en la sanidad, necesario en más del 90% de los pacientes hospitalizados (Juric et al., 2014), sino que también destaca la problemática de Acceso Venoso Periférico Difícil (DiVA), donde las venas son difíciles de visualizar y palpar, exigiendo altas habilidades clínicas y la asistencia de ayudas técnicas para realizar con éxito la venopunción (Sou et al., 2017; Alexandrou et al., 2018).

En la actualidad, la localización de las venas se realiza principalmente mediante palpación y visualización del sitio de punción previsto, apoyándose ocasionalmente en el uso de torniquetes de compresión para mejorar la visualización a través de la congestión de las venas. Sin embargo, esta práctica depende en gran medida de la habilidad del clínico y no siempre resulta exitosa. Ante este escenario, se han desarrollado diversas herramientas de imagen para mejorar la visibilidad vascular, incluyendo la transiluminación, la reflectancia de infrarrojo cercano (NIR) y la sonografía, siendo la NIR una de las aproximaciones más prometedoras para incrementar las tasas de éxito en la venopunción (Juric et al., 2014; Shahzad et al., 2014).

No obstante, el elevado coste de estas tecnologías limita su uso regular en el ámbito clínico. En este contexto, emerge V-Light, una solución innovadora que utiliza tecnología LED de alta intensidad lumínica para facilitar la identificación de las venas, buscando disminuir significativamente la probabilidad de fallos en la venopunción. V-Light se propone como una alternativa accesible y eficaz, diseñada para ser utilizada no solo por personal médico en hospitales, clínicas o centros de salud, sino también en la formación de futuros sanitarios, en la realización de prácticas. Esto potencia su valor educativo, proporcionando una herramienta práctica para el aprendizaje y perfeccionamiento de las habilidades necesarias para la venopunción eficiente.



Nuestro dispositivo no solo responde a la necesidad de un procedimiento de venopunción eficiente, con un impacto directo en la experiencia del paciente, reduciendo hematomas, riesgo de infección, sangrado excesivo y los desmayos o mareos asociados con múltiples intentos de acceso venoso, sino que también adopta una estrategia de innovación abierta y sostenible. Al compartir nuestra documentación gratuitamente, V-Light fomenta la colaboración y permite actualizarse con adaptaciones y mejoras que satisfacen las necesidades específicas de diferentes entornos clínicos, fomentando el desarrollo de tecnologías médicas accesibles y personalizables.

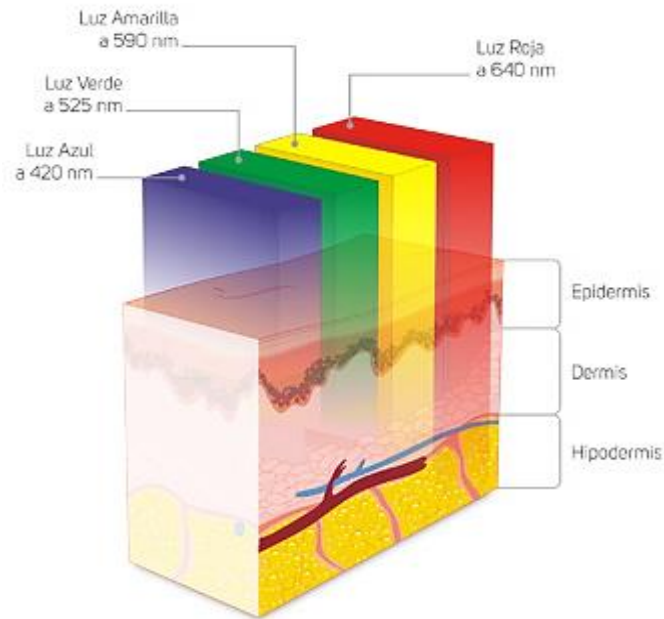
Con base en las debilidades observadas en investigaciones previas y los desafíos identificados en la práctica médica cotidiana, este trabajo presenta un análisis técnico detallado de V-Light, destacando su diseño orientado al usuario, su aplicabilidad en un espectro amplio de contextos clínicos y su contribución al avance tecnológico en el campo del acceso venoso de bajo coste.

## **2. Fundamentos teóricos**

El desarrollo de tecnologías de asistencia en procedimientos médicos como la venopunción requiere comprender las interacciones entre la luz y los tejidos biológicos, así como los dispositivos electrónicos utilizados. Por ello, en los siguientes subapartados, exploramos la fundamentación teórica que respalda el diseño y funcionamiento de V-Light.

### **2.1. Características de la luz en la piel**

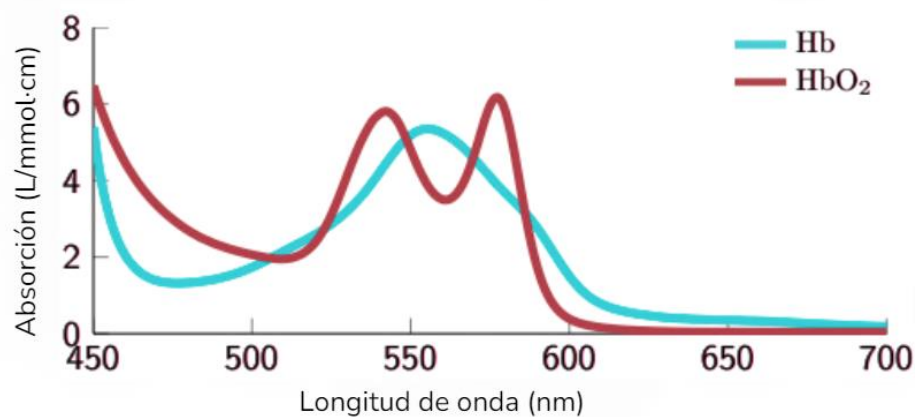
La penetración de la luz a través de la piel humana varía significativamente según su longitud de onda. Se distinguen tres rangos principales: luz ultravioleta (200-400 nm) que penetra mayormente la epidermis; luz visible (400-600 nm) que alcanza la dermis; y luz con longitud de onda de 600-700 nm que penetra en el tejido subcutáneo. Estas propiedades de absorción, reflexión y dispersión de la luz por la piel son fundamentales para el diseño de nuestro dispositivo, ya que permite una optimización en la identificación de venas (Figura 1).



**Figura 1.** Relación entre la longitud de onda y su capacidad de penetración en la piel.

## 2.2. Tasa de absorción de luz en la hemoglobina

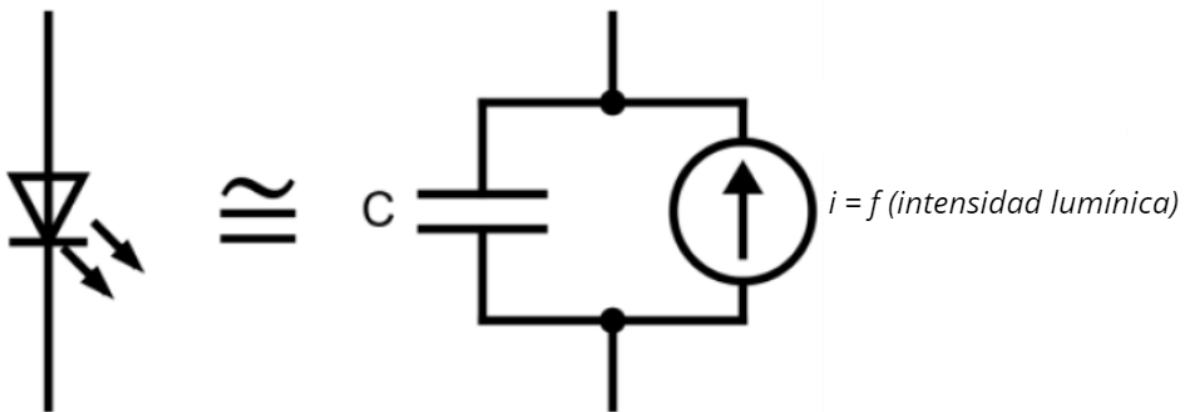
La hemoglobina, componente principal de los glóbulos rojos, desempeña un papel vital en el transporte de oxígeno. Presenta tasas de absorción específicas de luz, siendo la hemoglobina oxigenada ( $HbO_2$ ) y la desoxigenada ( $Hb$ ) más absorbente en longitudes de onda de 530 y 590 nanómetros respectivamente. Estos picos de absorción son esenciales para la selección de la luz emisora de nuestro prototipo, orientando hacia colores que mejoran la visibilidad de las venas para la venopunción (Figura 2).



**Figura 2.** Espectro de absorción de luz de la hemoglobina  $HbO_2$  y  $Hb$ .

## 2.3. Efecto fotoeléctrico y diodo emisor de luz (LED)

En el contexto de explorar y ampliar las capacidades de los diodos emisores de luz (LED) más allá de sus aplicaciones convencionales de iluminación, este estudio se enfoca en su potencial como herramientas de detección y emisión en dispositivos médicos. Al operar un LED en polarización inversa y ser excitado por una fuente de luz externa, se genera una corriente proporcional a la intensidad de la luz incidente, un fenómeno conocido como efecto fotoeléctrico. Los LED presentan una banda de longitudes de onda de excitación ligeramente más corta que su longitud de onda de emisión, lo que permite su utilización no solo como emisores sino también como sensores de luz, aunque la corriente foto-generada es pequeña (aproximadamente 30  $\mu\text{A}$ ). Este comportamiento se puede representar mediante un modelo que considera al LED como un condensador en paralelo a una fuente de corriente (Figura 3). En este modelo, el tiempo que tarda el LED en descargarse cuando se encuentra en polarización inversa se correlaciona directamente con la intensidad de la luz incidente externa, según se documenta en los estudios de Matheus et al. (2019), Kim & Beak (2023), y Dixon et al. (2023).



**Figura 3.** Modelo equivalente de LED en polarización inversa.

Si bien los LED no están optimizados como detectores de luz, representan una alternativa económica y accesible a los fotodiodos dedicados, ofreciendo una vía para desarrollar versiones más compactas de dispositivos médicos en el futuro (Bui & Hauser, 2015). En este sentido, nuestro prototipo se basa en el uso de un tipo específico de LED rojos que operan en un espectro de 600 nm y con una intensidad luminosa de 6000 mcd. La elección de este espectro de luz roja y su alta potencia lumínica se debe a su capacidad para penetrar eficazmente el tejido subcutáneo y mejorar

significativamente la visualización de las venas, aprovechando la diferencia en la absorción de la luz por la hemoglobina en este rango específico.

### **3. Hipótesis de trabajo y objetivos de investigación**

Este estudio parte de la hipótesis de que es posible diseñar y desarrollar un prototipo de bajo costo que mejore significativamente la localización de venas para procedimientos médicos, utilizando tecnología LED y un diseño abierto. Se postula que un dispositivo así no solo aumentaría la eficiencia y precisión en la venopunción, sino que también mejoraría la experiencia general del paciente y la práctica clínica. Este enfoque se basa en la premisa de que la integración de componentes electrónicos, junto con un diseño ergonómico, puede resultar en un dispositivo accesible y funcional. Por tanto, este trabajo se centra en la integración y aplicación de los conceptos previos hacia una solución práctica y sostenible, buscando contribuir a la mejora continua de la atención sanitaria y al bienestar del paciente, alineándose con los principios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Por todo ello, el objetivo general de la investigación es diseñar y desarrollar un prototipo de bajo coste que facilite la localización de las venas.

Además, la investigación se estructura en torno a los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar las necesidades médicas actuales en la detección de venas.
2. Determinar los parámetros de detección para alcanzar una precisión adecuada.
3. Diseñar y construir el prototipo, integrando de manera eficiente los componentes electrónicos necesarios en una carcasa ergonómica.
4. Conectar y optimizar los circuitos eléctricos y electrónicos para asegurar su correcto funcionamiento.
5. Realizar pruebas preliminares para validar la efectividad del dispositivo.
6. Analizar las características y la funcionalidad del dispositivo mediante la evaluación de profesionales sanitarios.
7. Contribuir a la mejora de la salud y el bienestar, alineando el proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

## 4. Materiales y métodos

Este apartado detalla los componentes y la metodología empleada en el desarrollo del prototipo, estructurado en dos subsecciones para comprender tanto la base teórica como la aplicación práctica del dispositivo. En el primer subapartado, se desglosan los elementos eléctricos y electrónicos fundamentales del prototipo, explicando el papel que desempeña cada componente dentro del sistema. Este apartado no solo incluye las especificaciones técnicas de cada componente sino también cómo su integración contribuye a la funcionalidad general del dispositivo. El segundo subapartado aborda el proceso de diseño y construcción del dispositivo, destacando cómo la selección de materiales y la tecnología de impresión 3D facilitan ergonomía como funcionalidad.

Adicionalmente, se complementa la investigación con un análisis exhaustivo del proyecto, utilizando herramientas de evaluación específicas que examinan la necesidad, la aproximación a la solución, los beneficios, la colaboración y el gancho NABCH. Este análisis está disponible públicamente en la página web del proyecto: <https://vlightdevice.wixsite.com/website>, donde se puede encontrar información detallada del desarrollo del proyecto, incluyendo fotografías del proceso de diseño, fabricación, pruebas y campaña (Figura 4).



**Figura 4.** Página web del proyecto: <https://vlightdevice.wixsite.com/website>

Para ampliar la difusión y facilitar la comprensión del proyecto, se ha elaborado un vídeo explicativo (Figura 5). Este recurso, accesible a través del enlace de YouTube proporcionado: <https://youtu.be/ALftU5aPvKc>, ofrece una visión detallada y visual de los objetivos, el desarrollo y los resultados anticipados del prototipo.

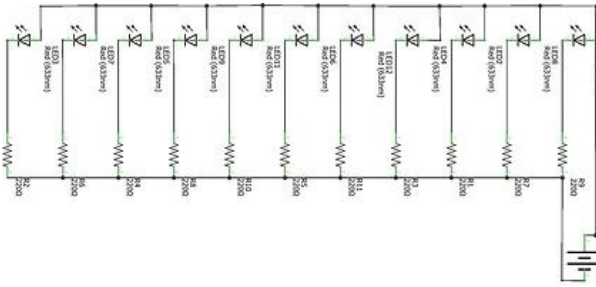


**Figura 5.** Vídeo del proyecto: <https://youtu.be/ALftU5aPvKc>

## 4.1 Componentes eléctricos y electrónicos

El prototipo incorpora un conjunto de 11 LED con una longitud de onda de 600 nm, elegida para maximizar la transiluminación del tejido subcutáneo. Estos LED tienen una intensidad lumínica de 6000 mcd, que permite una penetración eficiente de la luz a través de la piel sin causar deslumbramiento o incomodidad para el usuario, lo cual podría ocultar la visibilidad de las venas.

Además, tal y como se observa en el circuito esquemático (Figura 6) y en el montaje de los componentes electrónicos (Figura 7), el circuito se complementa con 11 resistencias de 51 ohmios cada una, diseñadas para regular la corriente a través de los LED y evitar el sobrecalentamiento y prolongando la vida útil de los componentes. Al alimentar el circuito con dos pilas AA, que suman un voltaje total de 3V, y manteniendo la tensión operativa del LED en 2V con una corriente deseada de 20mA, el cálculo de la resistencia necesaria es de 50 ohmios, lo cual es una variación aceptable dada la tolerancia de las resistencias.



**Figura 6.** Esquema electrónico.



**Figura 7.** Montaje electrónico.

La arquitectura electrónica del prototipo ha sido diseñada teniendo en cuenta la replicabilidad y la facilidad de ensamblaje, junto con un equilibrio entre la visibilidad efectiva de las venas y la comodidad para el paciente y el profesional de la salud. Este enfoque se refleja en un diseño compacto y portátil, que busca optimizar los procedimientos de venopunción a un coste de producción reducido, estimado en aproximadamente 5€, lo que lo hace accesible para la mayoría de comunidades (Tabla 1), resaltando el enfoque de este trabajo hacia la mejora de los procedimientos médicos a través de soluciones tecnológicas abiertas y económicas.

**Tabla 1.** Presupuesto de los componentes del prototipo.

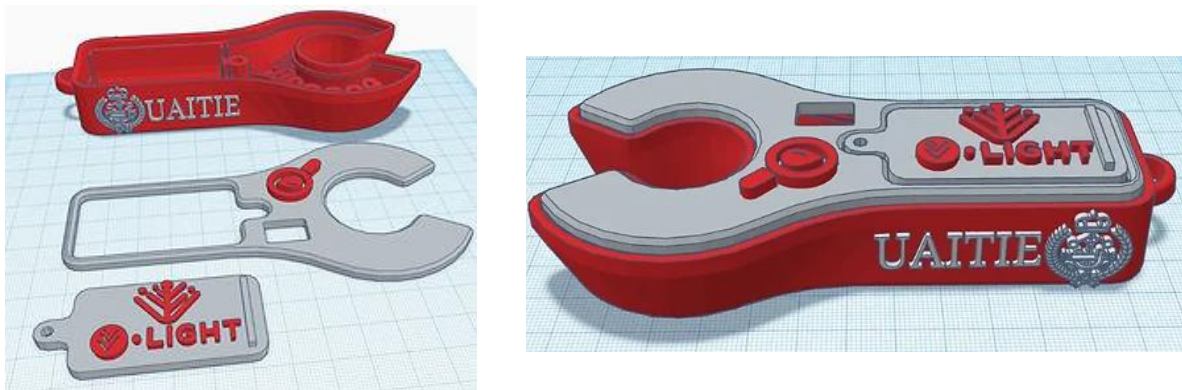
Nombre del componente	Cantidad	Precio/unidad	Precio total
Diodo LED Rojo 5mm 6000mcd	11	0,24 €	2,64 €
Resistencia 510hm	11	0,05 €	0,55 €
Resorte placa de pilas AA	1	0,35 €	0,35 €
Pilas AA	2	0,24 €	0,48 €
Cable tipo jumper	3	0,05 €	0,15 €
Interruptor de dos posiciones	1	0,50 €	0,50 €
Tornillo m2 10mm	1	0,02 €	0,02 €
Filamento PLA 1,75mm	0,056	18,74 €	1,05 €
		<b>TOTAL</b>	<b>5,74 €</b>

*Actualizado el 21/02/2024*

## 4.2 Diseño e impresión 3D

El desarrollo del prototipo se ha realizado mediante técnicas de diseño y fabricación aditivas, aprovechando las posibilidades que ofrece la impresión 3D para crear un dispositivo compacto y personalizable. El diseño se compone de tres piezas fundamentales, cada una concebida y fabricada mediante impresión 3D (Figura 8). Esta estructura modular facilita la adaptabilidad del dispositivo, permitiendo la sustitución o

el rediseño integral de cualquiera de sus componentes. Las partes se ensamblan por compresión, requiriendo solo un tornillo en espiral para unir todas las piezas del chasis.



**Figura 8.** Diseño del prototipo por partes (izq.) y ensamblado (dcha.).

Para el diseño se han empleado herramientas de diseño asistido por ordenador (CAD), en concreto, Fusion 360 y TinkerCAD de Autodesk. La elección del filamento para la impresión, el ácido poliláctico (PLA), no es arbitraria; se selecciona por sus propiedades amigables con el medio ambiente y su baja deformidad. Además, el diseño del prototipo se ha realizado teniendo en cuenta que permita una visualización de las venas a través de la iluminación con LED rojos integrados en arco y ofrezca un acceso para la extracción de sangre.

La documentación técnica del proyecto, incluidos los diseños 3D, está disponible de forma gratuita bajo un modelo de código abierto en nuestra página web: <https://vlightdevice.wixsite.com/website>. Este enfoque busca fomentar una comunidad de usuarios que participen activamente en replicar, personalizar y mejorar continuamente el prototipo. Nuestro objetivo es no solo proporcionar una herramienta efectiva para la venopunción sino también impulsar la innovación abierta y colaborativa en el campo del diseño y fabricación de dispositivos médicos.

Para garantizar unos buenos resultados en la fabricación del prototipo, recomendamos seguir los siguientes parámetros de impresión 3D para las tres partes que constituyen el diseño (ver Figura 9):

- Temperatura de impresión: 190-220°C
- Cama caliente: 50-60°C
- Velocidad de impresión: 30-60 mm/s



- Relleno: 15%
- Altura de capa: 0.15 mm

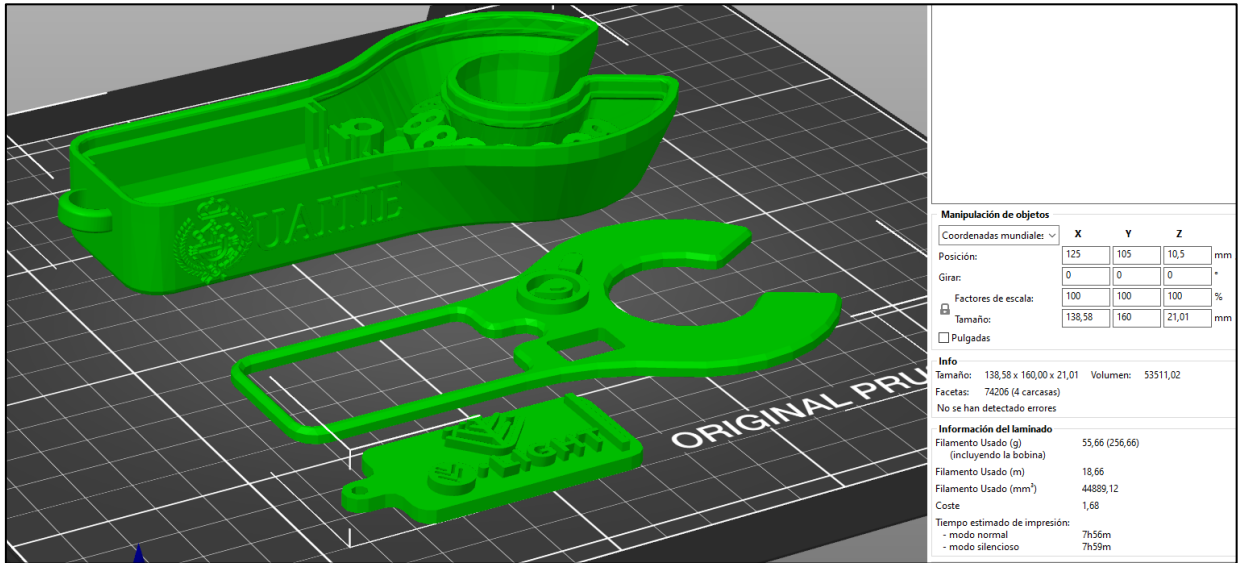


Figura 9. Parámetros de impresión del chasis del prototipo.

## 5. Resultados

Esta sección expone los hallazgos derivados del diseño, fabricación y evaluación de V-Light, ilustrando su eficacia en la mejora de procedimientos de venopunción en poblaciones con distintas características dermatológicas. A continuación, se detalla la evaluación técnica del dispositivo, la retroalimentación obtenida de su difusión y uso en entornos clínicos, y su contribución hacia la consecución de varios de los ODS.

### 5.1 Evaluación de la eficacia técnica

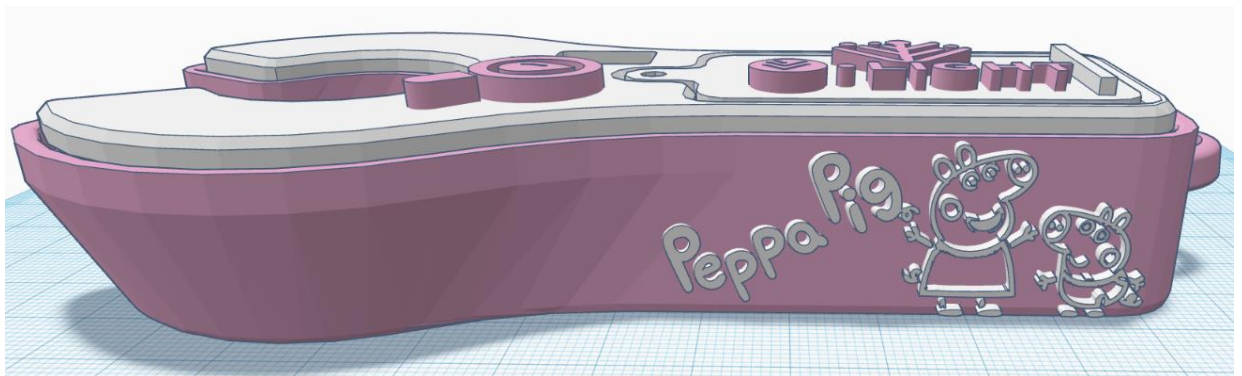
Esta evaluación se centró en determinar la eficacia técnica de V-Light para mejorar la visibilidad venosa. Se seleccionó una longitud de onda de 600 nm para la emisión de luz por el dispositivo, basada en su capacidad para penetrar eficientemente la epidermis y el tejido adiposo, al tiempo que es absorbida selectivamente por la sangre desoxigenada presente en las venas. Esta propiedad es fundamental para contrastar las venas contra el tejido circundante, facilitando su identificación.

La fase de validación experimental de V-Light abarcó una serie de pruebas en personas con características dermatológicas y fisiológicas diversas, incluyendo niños,



ancianos, obesos, y personas con piel oscura. Esta diversidad permitió evaluar la capacidad de adaptación del dispositivo y la necesidad de ajustes para optimizar su eficacia:

- Niños: la piel más delgada de los pacientes pediátricos facilita la visualización de las venas con el dispositivo V-Light. Para mejorar la experiencia de venopunción para estos pacientes y reducir su ansiedad, se ha adaptado el diseño del dispositivo con temas de dibujos animados o superhéroes (Figura 10), haciendo que V-Light sea percibido como más amigable y el proceso de la venopunción sea menos intimidante.



**Figura 10.** Prototipo con un diseño más amigable para niños y niñas.

- Ancianos: la piel de los pacientes geriátricos, a menudo caracterizada por una mayor variación en la textura y fragilidad, es recomendable palpar delicadamente la zona para realzar las venas y localizarlas con V-Light sin causar molestias.
- Pacientes obesos: su anatomía incluye capas adicionales de tejido adiposo, lo cual representa un reto para la eficacia de cualquier dispositivo de visualización venosa. En estos casos, se aplican torniquetes de venopunción junto con el posicionamiento y orientación del dispositivo V-Light (Figura 11a).
- Pacientes de piel oscura: la alta concentración de melanina en la piel oscura puede inhibir la transmisión de luz. Para compensar el pequeño desajuste en los parámetros de intensidad luminosa, se ejerce presión controlada para compensar esta variación, mejorando la visualización de las venas en estos pacientes (Figura 11b).



**Figura 11.** Visualización de las venas de paciente obeso (izq.) y con piel oscura (dcha.).

En la evaluación del prototipo, se exploró y registró la eficacia de la luz LED en la visualización de venas subcutáneas en 10 pacientes de distintas edades con variados índices de masa corporal (IMC) y tonos de piel. La siguiente tabla resume los resultados obtenidos en esta evaluación (Tabla 2):

**Tabla 2.** Evaluación de V-Light en 10 usuarios con distintas características.

N.º usuario	Edad (años)	Peso (kg)	Altura (cm)	IMC	Información IMC	Color de piel	Resultado
1	36	95	184	28.1	Sobrepeso	Clara	Visible
2	5	17	76	29.4	Sobrepeso	Clara	Visible
3	12	44	153	18.8	Normal	Morena	Visible
4	32	106	175	34.6	Obesidad	Clara	Visible
5	8	37	132	21.2	Normal	Oscura	Visible
6	76	71	174	23.5	Normal	Clara	Visible
7	47	88	167	31.6	Obesidad	Clara	Visible
8	13	59	162	22.5	Normal	Oscura	Visible
9	62	98	185	28.6	Sobrepeso	Morena	Visible
10	16	74	181	22.6	Normal	Clara	Visible

Los resultados demostraron que V-Light es capaz de visualizar efectivamente las venas en pacientes con una amplia gama de IMC y tonos de piel. Por ejemplo, el paciente número 4, de 32 años con un IMC de 34.6 y clasificado como obeso, mostró una visualización clara de las venas, como se documenta en la Figura 11a. Así como el paciente número 8, de 13 años con un IMC de 22.5 y con color de piel oscura (Figura 11b).

Esta evaluación subraya la versatilidad y eficacia de V-Light en la mejora de los procedimientos de venopunción, ofreciendo una solución práctica y accesible para profesionales de la salud en pacientes con diversas características físicas.

## 5.2 Campaña, retroalimentación y difusión

La estrategia de difusión de V-Light incluyó colaboraciones que han permitido recabar opiniones fundamentales de profesionales del ámbito sanitario. Una iniciativa clave fue la colaboración con la concejalía local, que culminó en una reunión productiva con la concejala de salud en el municipio de Alhama de Murcia (Figura 12). Esta reunión permitió presentar el potencial de V-Light para mejorar los procedimientos de venopunción y discutir su posible implementación en la atención sanitaria local.

En un esfuerzo adicional por validar la aplicabilidad clínica del dispositivo, se realizó una visita al centro de salud de Alhama de Murcia, donde se expuso el prototipo a un grupo de profesionales sanitarios (Figura 13). Esta interacción directa con el personal médico ofreció una plataforma invaluable para obtener retroalimentación específica sobre la funcionalidad y la utilidad percibida de V-Light en contextos clínicos reales.



**Figura 12.** Reunión concejalía de salud.



**Figura 13.** Visita al centro de salud.

La retroalimentación recopilada de estos encuentros con profesionales proporcionó propuestas para mejorar el dispositivo, entre las cuales se destacan:



1. La inclusión de un mecanismo de sujeción en el diseño del chasis que permita el uso de una banda elástica. Esta funcionalidad tiene como objetivo facilitar la aplicación de presión en el área de venopunción, mejorando así la visibilidad de las venas en pacientes con condiciones más difíciles.
2. La recomendación de ampliar el espacio de acceso en el arco de LED para optimizar la interacción con la aguja durante el procedimiento de venopunción, asegurando una inserción precisa y minimizando el riesgo de fallos.
3. La posibilidad de integrar una funcionalidad de LED RGB ajustable que se adapte a distintos tipos de piel, lo que permitiría ajustar la longitud de onda de la luz emitida según las características específicas del paciente, optimizando la eficacia del dispositivo para cada tipo de paciente.

Tanto la retroalimentación, como las propuestas de mejora, resaltan la importancia de continuar con el desarrollo de V-Light con un enfoque en la personalización y la adaptabilidad, subrayando el compromiso del proyecto con la mejora continua, intentando cubrir las necesidades emergentes en la atención sanitaria.

### **5.3 Contribución a los ODS**

El desarrollo y la implementación de V-Light representan una contribución tangible a la realización de varios ODS, con un impacto especialmente significativo en la salud y el bienestar, la educación de calidad, y la reducción de las desigualdades.

ODS 3 Salud y bienestar: V-Light promueve la salud y el bienestar para todos, a través de varios aspectos clave:

1. Mejora en la prestación de servicios sanitarios: reduce los fallos en la venopunción especialmente en pacientes con mayor dificultad para este procedimiento (pediátricos, geriátricos, de piel oscura y obesos), alineándose con la meta 3.8 para garantizar servicios de salud de calidad y tratamientos accesibles para todos.
2. Reducción de la incomodidad y ansiedad en pacientes: minimiza la incomodidad al disminuir la necesidad de múltiples intentos de venopunción, mejorando la experiencia sanitaria. Este avance contribuye directamente al bienestar,



aliviando el estrés y el malestar asociados con procedimientos médicos invasivos.

3. Eficiencia clínica aumentada: optimiza los procedimientos médicos, beneficiando tanto a pacientes como a profesionales de la salud. Al aumentar la eficiencia clínica, se mejora la capacidad de los hospitales y clínicas para atender a más pacientes de manera efectiva, lo que contribuye a una mejor gestión de los recursos sanitarios.

ODS 4 Educación de calidad: V-Light impulsa el aprendizaje permanente, al integrar tecnología innovadora en la formación médica. Este proyecto facilita el desarrollo de habilidades técnicas en estudiantes y profesionales de la salud. Así, V-Light no solo mejora las prácticas clínicas, sino que también apoya la educación inclusiva y el desarrollo profesional en el ámbito sanitario.

ODS 10 Reducción de las desigualdades: al mejorar el acceso y la calidad de la atención médica para grupos vulnerables, como pacientes pediátricos, geriátricos, personas con piel oscura y obesos, V-Light refuerza la equidad sanitaria. Este desarrollo subraya el papel esencial de la innovación y la colaboración abierta en la creación de tecnologías sanitarias accesibles y justas, marcando un avance clave hacia la reducción de desigualdades en los procesos sanitarios.

Por ello, V-Light no solo es una innovación en el campo de la tecnología médica, sino que también es un ejemplo de cómo las herramientas tecnológicas pueden ser diseñadas y utilizadas para avanzar en la consecución de los ODS, promoviendo un impacto social positivo a través de la mejora de la salud, la educación y la equidad.

## **6. Conclusiones**

El desarrollo y evaluación de V-Light ha revelado su potencial significativo para mejorar la eficacia y la experiencia de la venopunción, uno de los procedimientos médicos más comunes. A través de este trabajo, hemos demostrado que la tecnología LED, puede superar varios de los desafíos asociados con la identificación de venas en una amplia gama de pacientes. V-Light ha mostrado una capacidad notable para facilitar la venopunción en grupos vulnerables, incluyendo pacientes pediátricos,

geriátricos, con piel oscura y obesos, contribuyendo así a una atención sanitaria más inclusiva y equitativa.

Además, el proyecto subraya la importancia de la innovación tecnológica en la mejora de la salud y el bienestar, alineándose estrechamente con los ODS. La colaboración abierta y el intercambio de conocimientos han sido elementos clave en el desarrollo de V-Light, enfatizando el rol de la cooperación multidisciplinaria en la mejora de la atención médica.

Finalmente, las propuestas de mejora recopiladas durante la fase de difusión y retroalimentación indican un camino claro hacia la optimización del dispositivo. La inclusión de características personalizables y adaptativas en futuras versiones de V-Light podría ampliar aún más su aplicabilidad y eficacia, transformando la práctica de la venopunción para beneficio de pacientes y profesionales de la salud por igual.

## **7. Agradecimientos**

Quisiéramos expresar nuestro agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han contribuido al desarrollo y evaluación de V-Light. En particular, extendemos nuestra gratitud a la concejalía de salud del municipio de Alhama de Murcia, al personal sanitario del centro de salud de Alhama de Murcia, cuya experiencia y observaciones han enriquecido significativamente nuestro proyecto.

Agradecemos también al grupo de investigación E0B9-04 Ingeniería para la Sostenibilidad, Didáctica de las Tecnologías y la FP e Ingeniería del Aprendizaje de la Universidad de Murcia, por su orientación, soporte técnico y académico durante todas las fases de este proyecto.

## Referencias bibliográficas

Alexandrou, E., Ray-Barruel, G., Carr, P. J., Frost, S. A., Inwood, S., Higgins, N., ... & Allen, L. (2018). Use of short peripheral intravenous catheters: characteristics, management, and outcomes worldwide. *Journal of hospital medicine*, 13(5), 1-7.

Balter, M. L., Chen, A. I., Maguire, T. J., & Yarmush, M. L. (2015). The system design and evaluation of a 7-DOF image-guided venipuncture robot. *IEEE Transactions on Robotics*, 31(4), 1044-1053.

Bui, D. A., & Hauser, P. C. (2015). Analytical devices based on light-emitting diodes—a review of the state-of-the-art. *Analytica chimica acta*, 853, 46-58.

Dixon, J. A., Pretty, C. G., Hill, J. F., Holder-Pearson, L. R., & Chase, J. G. (2023, July). Investigation of Narrow-band NIR LED Spectral Response Towards a Non-invasive Glucose Sensor. In *2023 45th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)* (pp. 1-4). IEEE.

Fukuroku, K., Narita, Y., Taneda, Y., Kobayashi, S., & Gayle, A. A. (2016). Does infrared visualization improve selection of venipuncture sites for indwelling needle at the forearm in second-year nursing students? *Nurse education in practice*, 18, 1-9.

Juric, S., Flis, V., Debevc, M., Holzinger, A., & Zalik, B. (2014). Towards a Low-Cost Mobile Subcutaneous Vein Detection Solution Using Near-Infrared Spectroscopy. *The Scientific World Journal*, 2014, 1–15.

Kim, K. B., & Baek, H. J. (2023). Photoplethysmography in wearable devices: a comprehensive review of technological advances, current challenges, and future directions. *Electronics*, 12(13), 2923.

Matheus, L. E. M., Vieira, A. B., Vieira, L. F., Vieira, M. A., & Gnawali, O. (2019). Visible light communication: concepts, applications and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(4), 3204-3237.

Shahzad, A., Saad, N. M., Walter, N., Malik, A. S., & Meriaudeau, F. (2014). An efficient method for subcutaneous veins localization using Near Infrared imaging. In *2014 5th International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS)* (pp. 1-4). IEEE.

Sou, V., McManus, C., Mifflin, N., Frost, S. A., Ale, J., & Alexandrou, E. (2017). A clinical pathway for the management of difficult venous access. *BMC nursing*, 16, 1-7.